

岷江下游非恒定流传播规律初步研究

赵江, 谢玉杰, 李家世, 周玉洁

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 岷江大件运输航道是四川省运输大型设备的唯一水上出川通道, 为保证枯水期大件运输的需求, 大件船在枯水期采取“等水航行”、“追峰通航”的方式航行。为了分析上游电站非恒定流下泄对岷江大件航道枯水期航道的影响, 本文通过沿程布设一定数量的水尺, 通过对水文站与沿程水尺观读数据运用数理统计分析方法, 研究岷江大件航道中枯水期水位传播规律, 进而为受非恒定流影响的岷江下游航道船舶航行提供参考。

关键词: 大件运输; 非恒定流; 水位传播; 数理统计

中图分类号: U657.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 08—0115—04

岷江是四川省运输大型设备的唯一水上出川通道, 其下游在每年的 6~9 月的洪水期, 水量丰盈, 能够满足大件运输船舶航行条件, 但在 12 月~次年 3 月的枯水期受上游铜街子等水电站调峰影响, 航道水位时高时低, 水深时深时浅, 既影响船舶安全航行, 又影响航道维护整治。为保证中枯水期大件运输的需求, 大件船往往采取“等水航行”、“追峰通航”的方式航行, 为此进一步对岷江下游大件航道中枯水期水流波峰、波谷传播规律进行研究是必要的。为了分析上游电站下泄的非恒定流对岷江下游中枯水期航道的影响, 本文以岷江五通桥水文站和高场水文站资料为基础, 通过沿程布设一定数量的水尺来监测水位传播情况, 结合水文站资料与沿程水尺数据研究岷江下游航道中枯水期水流传播规律, 进而为受非恒定流影响的岷江下游航道船舶航行提供参考。

1 基本情况

岷江流域地跨上游高原气候区及中下游盆地亚热带湿润季风气候区, 上游汶川以上地区长年夏无酷暑, 年降水量低于 850mm, 中下游地区气候温和, 四季分明, 夏秋多雨, 年降水量 1000 ~ 1200mm (不含大渡河)。一般 6~9 月为洪水期, 径流量约占全年的 66.2%; 12 月至翌年的 3 月为枯水期, 径流量占全年的 7%。年内最大流量与最小流量相差 60 倍, 水位暴涨暴落, 洪枯水位变幅达 8~15m。历年实测最大流量 31400m³/s, 最小流量 364m³/s (高场站)^[1]。

1.1 上游电站

截止目前, 岷江上游已建紫坪铺、龚嘴、铜街子、沙湾等电站。本文主要分析上述电站下泄的非恒定流在岷江乐山至宜宾 162km 航段的水流传播规律。各枢纽的工程特性见表 1^[1]。

发生损坏的隐患。该套技术方案可为类似工程的加固修复设计提供借鉴。

参考文献:

- [1] 浙江数智交院科技股份有限公司. 新坝船闸下闸首及下游护坦结构检测及安全评估报告. 2020.09
- [2] 浙江数智交院科技股份有限公司. 新坝船闸下闸首区

域抢险加固工程施工图设计. 2020.12

[3] 浙江数智交院科技股份有限公司. 一种闸首及船闸: 中国, ZL 2021 2 0842154.0[P]. 2021.11.16.

[4] 船闸检修技术规程. JTS 320—3—2013.

[5] 水运工程水工建筑物检测与评估技术规范 JTS 304—2019 [6] 混凝土结构加固设计规范. GB50367—201.

表 1 岷江干流及支流相关枢纽工程特性表

电站名称	所在河流	流域面积 (万 km ²)	总库容 (亿 m ³)	调节库容 (亿 m ³)	调节性能	建成时间
紫坪铺	岷江上游干流	2.27	11.12	7.74	不完全年调节	2005 年
瀑布沟	大渡河	6.85	53.90	38.82	日调节	2010 年
龚嘴	大渡河	7.61	3.10	-	日调节	1972 年
铜街子	大渡河	7.64	2.60	0.30	日调节	1992 年
沙湾	大渡河	7.65	0.46	-	日调节	2009 年
安谷	大渡河	7.67	0.63	-	日调节	2015 年
千佛岩	青衣江	1.25	0.27	-	日调节	2010 年

1.2 水文站

岷江乐山至宜宾段内有乌尤寺水位站、五通桥和高场三个水文站。乌尤寺水位站位于大渡河与岷江汇流口以下的乌尤寺，五通桥站上距乐山市 27km，控制乐山至犍为县河口镇 64km 河段；高场站位于宜宾市上游 28km，控制犍为县河口镇至宜宾 78km 河段。

1.3 大件运输航道

岷江乐山至宜宾 162km 大件航道虽然经过了几次大的整治，提高了航道标准，但岷江大件运输船舶的满载吃水一般为 2.2~2.4m，中枯水期大件船只能减载航行^[1]。同时，受上游多级电站非恒定流下泄影响，中枯水期航道流量不定、水位多变，特别是近年来原整治建筑物水毁严重，滩险碍航因素明显，导致岷江中枯水期大件运输船通航困难。

2 水位数据收集统计

2.1 水文站水位流量关系

本文根据岷江大件航道受上游电站调峰下泄非恒定流影响，对五通桥和高场水文站断面进行了流量和水位资料收集，绘制了 1980~2010 年五通桥水文站和 1980~2016 年高场水文站实测的断面水位~流量关系图，见下图 1、图 2。

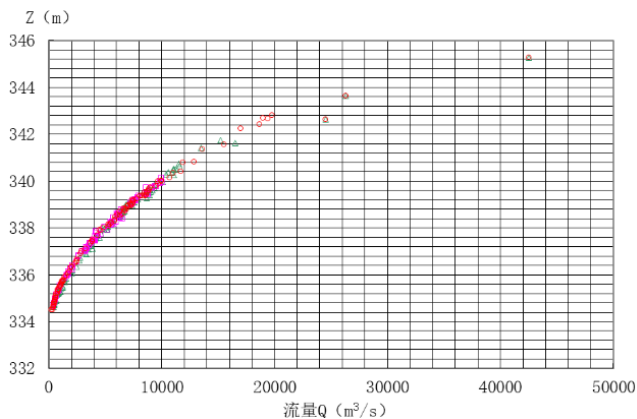


图 1 五通桥水文站水位~流量关系图

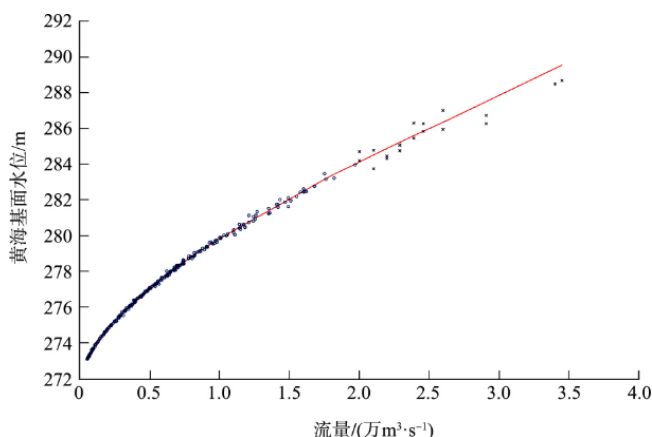


图 2 高场水文站水位~流量关系图

2.2 水尺布设及观读

本文为分析研究岷江大件航道中枯水期受上游电站调峰下泄非恒定流的传播规律，于 3 月~6 月对大渡河沙湾至岷江铜锣湾航道沿江布设了 1#~20# 共 20 组基本水尺进行观测水位变化，其中 7# 水尺布设断面为五通桥水文站断面，19# 水尺布设断面即为高场水文站断面，各水尺位置见图 3。

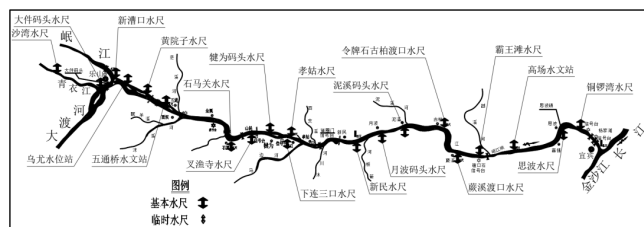


图 3 水尺位置示意图

除乌尤水位站、五通桥水文站和高场水文站 3 组水尺的逐时水位资料为基本站资料外，其余 17 组水尺均采用现场观读，观读时间为 3 月 15 日~6 月 15 日每天 24 小时，每小时观读一次。本文选定谷峰水位变化幅度小的、大的和一般情况，共 8 组有代表性的水位过程进行统计分析，其中 3 月 3 次、4 月 3 次、5 月 2 次水位过程，其谷峰水位传播时间和水位变幅见图 4、图 5。

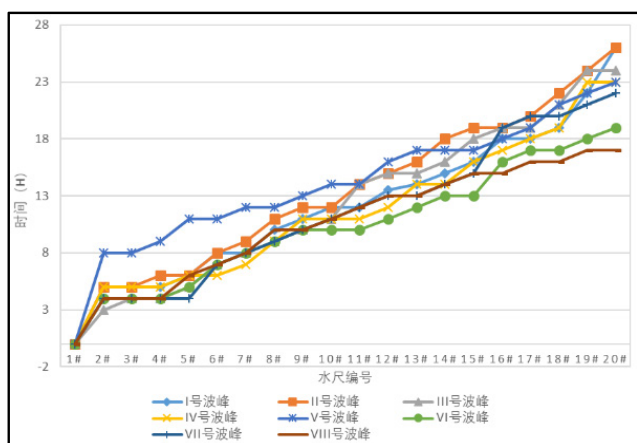


图4 波峰传播时间统计

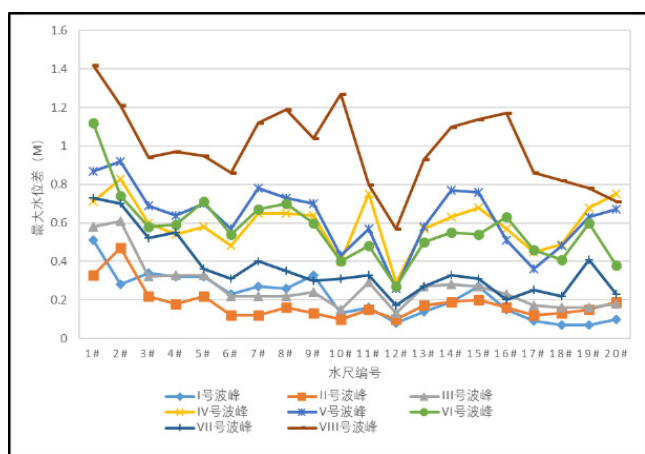


图5 谷峰水位变幅统计

3 水位传播规律研究

3.1 相关性分析

为检验各水尺水位资料观测的合理性,用水文站的峰谷水位与各水尺的峰谷水位进行水位相关性进行研究。经分析,除1#与2#、1#与4#、3#与4#水尺的相关系数在0.7~0.85外,其他大部分水尺之间的水位相关系数基本都在0.9左右,具有比较显著的线性相关性。特别是各水尺断面与所在河段的五通桥水文站(7#)和高场水文站(19#)的水文断面水位过程呈线性相关,说明本次岷江大件航道20组水尺的水位观测成果数据符合上下游的水位关系,可以用于进一步的水位波峰传播规律分析。

3.2 谷峰水位流量变化分析

根据选定的8组有代表性的谷峰水位过程,结合五通桥水文站、高场水文站的水位~流量关系曲线,上游

水电站发电调峰下泄的流量形成的谷峰水位情况是:

(1) 下泄流量在五通桥水文站谷峰流量为 $640\sim 800\text{m}^3/\text{s}$ 、 $700\sim 800\text{m}^3/\text{s}$ 和 $580\sim 950\text{m}^3/\text{s}$ 时(3月的I号、II号、III号峰谷),各水尺水位变幅逐渐随流程变化而变化,上游水位变幅0.35m左右,下游变幅为0.15m左右,最大变幅为0.58m(2#水尺),最小变幅为0.1m,一般变幅在0.2m左右,每小时变幅在0.1m以下。

(2) 下泄流量在五通桥水文站的谷峰流量为 $950\sim 1170\text{m}^3/\text{s}$ 时,从5月的VIII号谷峰过程线得知,上游水尺变幅基本在1m左右,下游水尺变幅基本在0.8m左右;各水尺水位变幅逐渐随流程变化而变化,最大水位变幅为1.4m以上,最小在0.58m,一般水位变幅在0.75m以上,每小时变幅在0.1m以下。

(3) 谷峰流量差越大,上游水位变幅越大。

3.3 谷峰水位传播时间和频次分析

通过对20组水尺观测的水位过程数据进行统计分析,整理出各水尺每天出现水位谷峰的次数。根据统计成果,各水尺每天出现从波谷至波峰水位变动的次数在1次或2次的频次最高,每次波峰历时约4~5小时最为普遍,这与上游电站每日发电调峰运行是相符合的。

根据前文3月、4月、5月的谷峰水位延程变幅、谷峰水位传播时间分析成果可知,虽然不同谷峰水位传播的时间不尽相同,但是从3月15日~6月15日的各级流量下的谷峰水位传播来看,不同谷峰的水位传播规律大致是控制在一定范围之内的,主要表现为:

(1) 五通桥水文站流量上涨 $350\text{m}^3/\text{s}$ 以上,峰谷水位从谷到峰顶一般历时12~14小时,最短历时10小时,最长历时17小时;

(2) 五通桥水文站上涨流量为 $200\text{m}^3/\text{s}$ 左右时,水位上涨至峰顶,上涨历时一般为4~5小时,最长历时7小时,最短历时3小时。

原因在于从3月~5月这段时间属于全年河流流量的中水期,河流水文情况基本相似,故3月~5月的谷峰水位传播规律可以概化为一组水位传播规律,根据统计的谷峰传播数据,概化出的3月~5月岷江大件航道枯期谷峰水位传播规律见图6。根据岷江大件航道概化后延程谷峰传播时间分布可知,一次水位过程传递时间约为18个小时,传播平均速度约为8.8km/h。

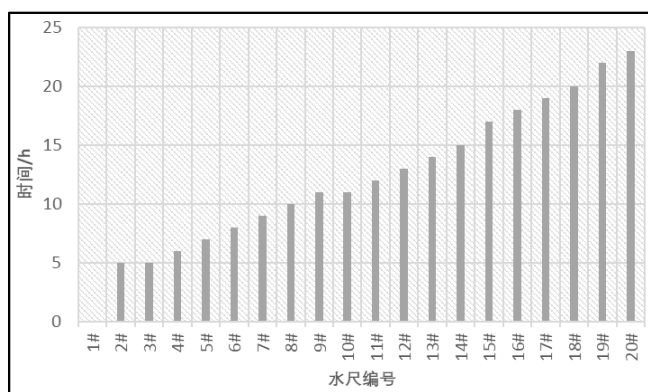


图6 岷江大件航道枯期谷峰水位传播时间

4 结论

(1) 岷江乐山至宜宾段 162km 航道中枯水期每天出现从波谷至波峰水位变动的次数在 1 次或 2 次最为普遍。

(2) 上游电站下泄非恒定流谷峰流量差越大, 上游水位变幅越大, 当五通桥水文站的谷峰流量为 $580\sim 950\text{m}^3/\text{s}$ 时, 上游水尺最大变幅 0.58m, 最小变幅为 0.1m, 一般水位变幅在 0.2m 以上, 每小时变幅在 0.1m 以下。

(3) 受电站下泄非恒定流后, 五通桥水文站上涨流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ 左右时, 水位上涨至峰顶, 上涨历时一般为 4~5 小时, 最长历时 7 小时, 最短历时 3 小时。

(4) 岷江乐山至宜宾段航道受上游电站下泄非恒定流, 一次水位过程传递时间约为 18 个小时, 传播平均速度约为 $8.8\text{km}/\text{h}$ 。

(5) 对岷江大件航道设置的 20 组水尺进行 3 月~6 月水位观测资料采用数理统计方法分析研究, 概化得出岷江大件航道波峰水位传播规律的成果, 可作为岷江大件运输追峰通航使用。

参考文献:

- [1] 四川省交通勘察设计研究院有限公司. 岷江(龙溪口至宜宾)航道整治工程可行性研究报告[R]. 成都: 四川省交通勘察设计研究院有限公司, 2017.
- [2] 胡雄. 水位降落对湘江长沙枢纽至芦林潭河段航道条件影响数值分析[J]. 中国水运, 2021(10): 148-149.
- [3] 孙正兰, 司存友, 华俊, 王江. 江都水利枢纽下游潮水位变化规律及影响分析[J]. 长江科学院院报, 2021(5): 35-36.

